

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of:  
Mitsuru Sube

Application No.: Not Yet Assigned

Confirmation No.:

Filed: Concurrently Herewith

Art Unit: N/A

For: PIEZOELECTRIC CERAMIC, METHOD  
OF PRODUCING THE SAME, AND  
PIEZOELECTRIC PART

Examiner: Not Yet Assigned

**CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENT**

MS Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. §119 based on the following prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Japan	2003-109947	April 15, 2003


Application No.: Not Yet Assigned

Docket No.: M1071.1901

In support of this claim, a certified copy of the said original foreign application is filed herewith.

Dated: March 29, 2004

Respectfully submitted,

By 

Edward A. Meilman

Registration No.: 24,735

DICKSTEIN SHAPIRO MORIN &  
OSHINSKY LLP

1177 Avenue of the Americas

41st Floor

New York, New York 10036-2714

(212) 835-1400

Attorney for Applicant

EAM/da

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   4 月 1 5 日  
Date of Application:

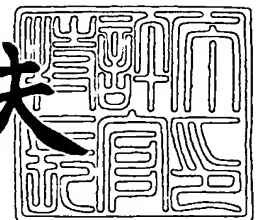
出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 1 0 9 9 4 7  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 3 - 1 0 9 9 4 7 ]

出   願   人            株式会社村田製作所  
Applicant(s):

2 0 0 4 年   2 月 1 9 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号   出証特 2 0 0 4 - 3 0 1 1 2 0 6

【書類名】 特許願

【整理番号】 103018

【提出日】 平成15年 4月15日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 41/24  
H01L 41/187

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号 株式会社村田  
製作所内

【氏名】 須部 満

【特許出願人】

【識別番号】 000006231

【氏名又は名称】 株式会社村田製作所

【代表者】 村田 泰隆

【代理人】

【識別番号】 100085143

【弁理士】

【氏名又は名称】 小柴 雅昭

【電話番号】 06-6779-1498

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 040970

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 圧電セラミックおよびその製造方法ならびに圧電部品

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 圧電材料からなる複数の圧電性粒子と、前記圧電性粒子の隙間に存在する、前記圧電材料より誘電率の高い誘電材料からなる誘電体とを備える、圧電セラミック。

【請求項 2】 前記圧電材料は、チタン酸ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、複合ペロブスカイト化合物を固溶させたチタン酸ジルコン酸鉛、および複合ペロブスカイト化合物を固溶させたチタン酸鉛のうちのいずれかである、請求項 1 に記載の圧電セラミック。

【請求項 3】 前記誘電材料は、複合ペロブスカイト化合物、複合ペロブスカイト化合物とチタン酸鉛との固溶体、および圧電材料に誘電率を高くするための酸化物を添加したもののいずれかである、請求項 1 または 2 に記載の圧電セラミック。

【請求項 4】 圧電材料のための原料化合物粉末を仮焼して圧電材料用仮焼粉末を得る、第 1 の工程と、

前記圧電材料より誘電率の高い誘電材料のための原料化合物粉末を仮焼して前記圧電材料用仮焼粉末の粒径より小さい粒径の誘電材料用仮焼粉末を得る、第 2 の工程と、

前記圧電材料用仮焼粉末と前記誘電材料用仮焼粉末とを混合して混合粉末を得る、第 3 の工程と、

前記混合粉末を所定の形状に成形して成形体を得る、第 4 の工程と、

前記成形体を焼成して圧電セラミックとなる焼結体を得る、第 5 の工程とを備える、圧電セラミックの製造方法。

【請求項 5】 前記誘電材料用仮焼粉末の粒径は、前記圧電材料用仮焼粉末の粒径の  $1/4$  以下（0 を含まず。）である、請求項 4 に記載の圧電セラミックの製造方法。

【請求項 6】 前記第 3 の工程において、100 重量部の前記圧電材料用仮焼粉末に対して、3 重量部以下（0 重量部を含まず。）の前記誘電材料用仮焼粉

末が混合される、請求項 4 または 5 に記載の圧電セラミックの製造方法。

【請求項 7】 請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の圧電セラミックからなる部品本体と、前記部品本体の外表面上に形成された外部電極とを備える、圧電部品。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、圧電セラミックおよびその製造方法ならびに圧電部品に関するもので、特に、圧電セラミックの圧電特性の向上および圧電特性のばらつきの低減を図るための技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

この発明にとって興味ある技術として、特開平 4-295051 号公報（特許文献 1）には、化学式  $Pb_{1.01}(Zr_{0.53}Ti_{0.47})O_3 + 0.5 \text{ mol}\% Nb_2O_5$  で表される PZT 系材料 100 重量%に 0.5 重量%以上 5 重量%未満のビスマスナトリウムタリタネートを添加した PZT 系セラミック組成物が記載されている。

【0003】

上述の特許文献 1 に記載された従来技術は、圧電セラミックの機能的特性を損なうことなく、機械的強度を増大させることを目的としている。この目的のため、この従来技術では、PZT 系材料の焼成温度と同一の温度で液相を形成し、かつ PZT 系材料と同じ機能的な特性を有する添加剤として、圧電性を有するビスマスナトリウムタリタネートを選択し、これを添加することによって、焼成時に液相を生成させて、PZT 系材料を液相焼結させている。

【0004】

また、この発明にとって興味ある他の技術として、特開平 11-87792 号公報（特許文献 2）には、組成比が異なるか、組成が異なる少なくとも 2 種の領域よりなり、かつ少なくとも圧電セラミックとしての特性が良好な領域と電歪セラミックとしての特性が良好な領域との 2 種の領域よりなる複合した構成を有す

る圧電セラミックが記載されている。

#### 【0005】

上述の特許文献2に記載された従来技術は、電界歪特性を線形に制御した圧電セラミックを提供することを目的としている。この目的のため、この従来技術では、圧電セラミックとしての特性が良好な領域および電歪セラミックとしての特性が良好な領域というように圧電特性の異なる材料を複合化することによって、圧電特性を容易に制御できるようにし、その結果、電界歪特性を線形に制御するようにしている。

#### 【0006】

##### 【特許文献1】

特開平4-295051号公報

##### 【特許文献2】

特開平11-87792号公報

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した特許文献1および2に記載された各技術には、以下のように、それぞれ解決されるべき課題がある。

#### 【0008】

特許文献1に記載の技術では、ビスマスナトリウムタイタネートを添加したPZT系材料を液相焼結させるので、低温焼成が可能であるが、液相焼結は、焼結ばらつきによる特性ばらつきを生じさせるおそれがある。また、ビスマスナトリウムタイタネートはPZT系材料よりも誘電率が低いので、分極処理時において焼結体に十分に電圧がかからないことがあり、分極処理後の圧電体において、本来の圧電特性を十分に引き出せないことがある。

#### 【0009】

他方、特許文献2に記載の技術では、2種の領域を構成するために、組成比または組成の異なる粉末をそれぞれ造粒し、これら造粒粒子を混合し、成形し、焼成するようにしている。しかしながら、組成比または組成の異なる造粒粒子を混合して焼成すると、焼結ばらつきが生じやすく、そのため、圧電特性が低下した

り、圧電特性が比較的大きくばらついたりすることがある。

#### 【0010】

そこで、この発明の目的は、上述のような課題を解決し得る、圧電セラミックおよびその製造方法ならびに圧電部品を提供しようとすることである。

#### 【0011】

##### 【課題を解決するための手段】

この発明に係る圧電セラミックは、上述した技術的課題を解決するため、圧電材料からなる複数の圧電性粒子と、圧電性粒子の隙間に存在する、圧電材料より誘電率の高い誘電材料からなる誘電体とを備えることを特徴としている。

#### 【0012】

この発明に係る圧電セラミックにおいて、圧電性粒子を構成する圧電材料は、たとえば、チタン酸ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、複合ペロブスカイト化合物を固溶させたチタン酸ジルコン酸鉛、および複合ペロブスカイト化合物を固溶させたチタン酸鉛のうちのいずれかである。他方、誘電体を構成する誘電材料は、たとえば、複合ペロブスカイト化合物、複合ペロブスカイト化合物とチタン酸鉛との固溶体、および圧電材料に誘電率を高くするための酸化物を添加したもののいずれかである。

#### 【0013】

この発明は、また、上述のような圧電セラミックを製造する方法にも向けられる。この発明に係る圧電セラミックの製造方法は、圧電材料のための原料化合物粉末を仮焼して圧電材料用仮焼粉末を得る、第1の工程と、圧電材料より誘電率の高い誘電材料のための原料化合物粉末を仮焼して圧電材料用仮焼粉末の粒径より小さい粒径の誘電材料用仮焼粉末を得る、第2の工程と、圧電材料用仮焼粉末と誘電材料用仮焼粉末とを混合して混合粉末を得る、第3の工程と、混合粉末を所定の形状に成形して成形体を得る、第4の工程と、成形体を焼成して圧電セラミックとなる焼結体を得る、第5の工程とを備えることを特徴としている。

#### 【0014】

この発明に係る圧電セラミックの製造方法において、誘電材料用仮焼粉末の粒径は、圧電材料用仮焼粉末の粒径の1/4以下（0を含まず。）であることが好

ましい。

#### 【0015】

また、上述の第3の工程において、100重量部の圧電材料用仮焼粉末に対して、3重量部以下（0重量部を含まず。）の誘電材料用仮焼粉末が混合されることが好ましい。

#### 【0016】

この発明は、さらに、前述したこの発明に係る圧電セラミックからなる部品本体と、この部品本体の外表面上に形成された外部電極とを備える、圧電部品にも向けられる。

#### 【0017】

##### 【発明の実施の形態】

この発明に係る圧電セラミックを用いて構成される圧電部品には、種々の構造を有するものがあるが、この圧電部品の最も単純な構造の一例が図1に示されている。

#### 【0018】

図1に示した圧電部品1は、圧電セラミックからなる、たとえば板状の部品本体2を備えている。部品本体2の外表面上であって、互いに対向する各端面上には、外部電極3および4がそれぞれ形成されている。外部電極3および4は、たとえば銀を導電成分として含む導電性ペーストを、部品本体2の各端面上に付与し、これを焼き付けることによって形成される。

#### 【0019】

図1に示した圧電部品1の場合には、外部電極3および4は、この圧電部品1に対する電圧の入出力のための端子として用いられるばかりでなく、部品本体2となるべき焼結体全体に圧電性を発現させて圧電セラミックとするように直流電界を印加するための端子としても用いられる。

#### 【0020】

このような圧電部品1に備える部品本体2を構成する圧電セラミックは、図2に示すような構造を有している。すなわち、圧電セラミック11は、圧電材料からなる複数の圧電性粒子12と、圧電性粒子12の隙間に存在する、圧電材料よ

り誘電率の高い誘電材料からなる誘電体 13 とを備えている。

#### 【0021】

上述の圧電材料は、たとえば、チタン酸ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、複合ペロブスカイト化合物を固溶させたチタン酸ジルコン酸鉛、および複合ペロブスカイト化合物を固溶させたチタン酸鉛のうちのいずれかである。他方、上述した誘電材料は、たとえば、複合ペロブスカイト化合物、複合ペロブスカイト化合物とチタン酸鉛との固溶体、および圧電材料に誘電率を高くするための酸化物を添加したもののいずれかである。

#### 【0022】

このような圧電セラミック 11 は、次のようにして製造されることが好ましい。

#### 【0023】

図 3 (1) を参照して、圧電材料のための複数の原料を混合して得られた原料化合物粉末を仮焼することによって、圧電材料用仮焼粉末 14 が作製される。他方、圧電材料より誘電率の高い誘電材料のための複数の原料を混合して得られた原料化合物粉末を仮焼することによって、誘電材料用仮焼粉末 15 が作製される。ここで、誘電材料用仮焼粉末 15 は、その粒径が圧電材料用仮焼粉末 14 の粒径より小さくされる。好ましくは、誘電材料用仮焼粉末 15 の粒径は、圧電材料用仮焼粉末 14 の粒径の  $1/4$  以下 (0 を含まず。) とされる。

#### 【0024】

次に、圧電材料用仮焼粉末 14 と誘電材料用仮焼粉末とが混合され、それによって、図 3 (1) に示すような混合粉末 16 が得られる。この混合工程では、100 重量部の圧電材料用仮焼粉末 14 に対して、3 重量部以下 (0 重量部を含まず。) の誘電材料用仮焼粉末 15 が混合されることが好ましい。

#### 【0025】

次に、混合粉末 16 は、図 1 に示した部品本体 2 の形状を有する成形体を得られるように成形される。混合粉末 16 の成形にあたっては、たとえば、水またはポリビニルアルコールのようなバインダが混合粉末 16 に添加され、プレス成形などが適用される。

## 【0026】

次に、上述の成形体が焼成される。これによって、図3（2）に示すような焼結体17が得られる。この焼結体17は、図1に示した部品本体2の形態を有している。なお、焼結体17に対して部品本体2の形態を与えるため、必要に応じて、研磨工程が実施されてもよい。

## 【0027】

次に、焼結体17の両端面上に外部電極3および4が形成された後、これら外部電極3および4を介して焼結体17に直流電界を印加する分極処理が実施される。その結果、この焼結体17が、図2に示した圧電性を示す圧電セラミック11となり、この圧電セラミック11からなる部品本体2を備える、図1に示すような圧電部品1が得られる。

## 【0028】

次に、この発明による効果を確認するために実施した実験例について説明する。

## 【0029】

## 【実験例1】

圧電材料のための原料化合物粉末として、酸化鉛、酸化ジルコニウム、酸化チタン、炭酸ストロンチウム、水酸化マグネシウムおよび酸化クロムの各粉末を準備し、これらを、式： $\text{Pb}_{0.93}\text{Mg}_{0.02}\text{Sr}_{0.05}(\text{Zr}_{0.54}\text{Ti}_{0.46})\text{O}_3 + 0.5\text{重量}\%\text{Cr}_2\text{O}_3$  で表される組成を有するチタン酸ジルコン酸鉛が得られるように調合した。次に、この調合された原料化合物粉末を、ボールミルを用いて湿式混合した後、脱水および乾燥し、 $850\sim 950^\circ\text{C}$ の温度で2時間仮焼し、この仮焼粉末を、ボールミルを用いて再度湿式粉碎することにより、平均粒径 $1.6\mu\text{m}$ の圧電材料用仮焼粉末を得た。

## 【0030】

他方、誘電材料のための原料化合物粉末として、酸化鉛、水酸化マグネシウムおよび酸化ニオブの各粉末を準備し、これらを、式： $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$  で表される組成を有する複合ペロブスカイト化合物が得られるように調合した。次に、この調合された原料化合物粉末を、ボールミルを用いて湿式混合した

後、脱水および乾燥し、 $800\sim 900^{\circ}\text{C}$ の温度で2時間仮焼し、この仮焼粉末を、ボールミルを用いて再度湿式粉碎することにより、平均粒径 $0.2\mu\text{m}$ の誘電材料用仮焼粉末を得た。ここで、誘電材料用仮焼粉末の粒径が、上述のように、圧電材料用仮焼粉末の粒径より小さくなるように、湿式混合条件および仮焼温度を調整した。

#### 【0031】

次に、圧電材料用仮焼粉末100重量部に対して、誘電材料用仮焼粉末を、表1に示すように、0重量部、0.05重量部、0.2重量部、1重量部、3重量部、5重量部および5.5重量部それぞれ混合することによって、試料1～7の各々に係る混合粉末を得た。

#### 【0032】

次に、各混合粉末にバインダとしてのポリビニルアルコールを添加したのに対して、プレス成形を実施した後、 $1150\sim 1250^{\circ}\text{C}$ の温度で2時間焼成して、焼結体を得た。

#### 【0033】

次いで、各焼結体を、直径10mmおよび厚さ1mmの円板状となるように研磨し、この円板状の焼結体の両端面に銀を導電成分として含む外部電極を導電性ペーストの焼き付けによって形成した。

#### 【0034】

次に、上述の外部電極が形成された焼結体を、 $60^{\circ}\text{C}$ の温度に保たれた絶縁オイル中に入れ、外部電極間に $3\text{ kV/mm}$ の直流電界を30分間印加することにより、焼結体全体に圧電性を付与するための分極処理を行なった。

#### 【0035】

このようにして、圧電セラミックからなる部品本体と外部電極とを備える、各試料に係る圧電部品を作製した。

#### 【0036】

次に、各試料に係る圧電部品について、拡がり方向振動の電気機械結合係数( $K_p$ )を測定するとともに、拡がり振動の共振周波数( $f_r$ )および反共振周波数( $f_a$ )の各々のばらつき( $CV-f_r$ および $CV-f_a$ )をそれぞれ測定し

た。なお、CV値は、標準偏差／平均値である。

【0037】

これらの測定結果が表1に示されている。

【0038】

【表1】

試料番号	誘電材料用仮焼粉末 (重量部)	Kp (%)	CV-fr (ppm)	CV-fa (ppm)
1	0	42.1	1050	2030
2	0.05	43.9	650	1050
3	0.2	44.5	320	520
4	1	44.5	240	420
5	3	43.8	310	540
6	5	38.5	620	1030
7	5.5	36	720	1250

【0039】

表1からわかるように、誘電材料用仮焼粉末を混合した試料2～7によれば、これを混合していない試料1に比べて、共振周波数( $f_r$ )のばらつき(CV-fr)および反共振周波数( $f_a$ )のばらつき(CV-fa)を減少させることができる。

【0040】

また、100重量部の圧電材料用仮焼粉末に対して、誘電材料用仮焼粉末を3重量部以下の比率で添加した試料2～5によれば、誘電材料用仮焼粉末を添加しなかった試料1ならびに誘電材料用仮焼粉末を3重量部を超えて添加した試料6および7に比べて、電気機械結合係数(Kp)を向上させることができる。

【0041】

【実験例2】

実験例2では、圧電材料用仮焼粉末の粒径と誘電材料用仮焼粉末の粒径との比率が与える影響を調査した。

【0042】

すなわち、実験例 1 の場合と同組成の圧電材料用仮焼粉末の平均粒径を、実験例 1 の場合と同様、 $1.6\ \mu\text{m}$ としながら、実験例 1 の場合と同組成の誘電材料用仮焼粉末として、その平均粒径が $0.1\ \mu\text{m}$ 、 $0.2\ \mu\text{m}$ 、 $0.4\ \mu\text{m}$ 、 $0.5\ \mu\text{m}$ および $0.8\ \mu\text{m}$ のものをそれぞれ用意した。そして、圧電材料用仮焼粉末 100 重量部に対して、各誘電材料用仮焼粉末を 1 重量部それぞれ混合することによって、混合粉末を得た。

#### 【0043】

その他の点については、実験例 1 の場合と同様として、各試料に係る圧電部品を作製し、同様の測定を行なった。

#### 【0044】

その結果が表 2 に示されている。なお、表 2 において、「粒径比」は、(誘電材料用仮焼粉末の平均粒径) / (圧電材料用仮焼粉末の平均粒径) の比率を示している。

#### 【0045】

【表 2】

試料番号	粒径比	Kp (%)	CV-fr (ppm)	CV-fa (ppm)
11	0.0625	44.6	220	390
12	0.125	44.5	240	420
13	0.25	40.1	380	680
14	0.3125	37	420	860
15	0.5	30.5	490	1550

#### 【0046】

表 2 に示した試料 12 は、表 1 に示した試料 4 と同じものである。

#### 【0047】

表 2 からわかるように、粒径比が $1/4$  ( $0.25$ ) 以下である試料 11 ~ 13 によれば、粒径比が $1/4$ を超える試料 14 および 15 に比べて、共振周波数 ( $f_r$ ) のばらつき ( $CV-f_r$ ) および反共振周波数 ( $f_a$ ) のばらつき ( $CV-f_a$ ) を減少させることができる。

【0048】

## 【実験例3】

実験例3では、圧電材料のための原料化合物粉末として、酸化鉛、酸化ジルコニウム、酸化チタン、炭酸ストロンチウム、水酸化マグネシウム、酸化ニオブおよび酸化クロムの各粉末を準備し、これらを、式： $Pb_{0.93}Mg_{0.02}Sr_{0.05}(Mg_{1/3}Nb_{2/3})_{0.05}Zr_{0.49}Ti_{0.46}O_3 + 0.5\text{重量}\%Cr_2O_3$ で表される組成を有するチタン酸ジルコン酸鉛が得られるように調合したことを除いて、実験例1の場合と同様の方法によって、各試料に係る圧電部品を作製し、同様に測定した。

【0049】

その結果が表3に示されている。

【0050】

【表3】

試料番号	誘電材料用仮焼粉末 (重量部)	Kp (%)	CV-fr (ppm)	CV-fa (ppm)
21	0	50.9	650	1350
22	0.05	50.9	420	850
23	0.2	51.2	310	500
24	1	51.8	200	320
25	3	50.9	240	390
26	5	48.4	460	770
27	5.5	46.3	530	920

【0051】

表3からわかるように、この実験例3によっても、表1に示した実験例1の場合と同様の傾向が現れている。

【0052】

すなわち、誘電材料用仮焼粉末を混合した試料22～27によれば、これを混合していない試料21に比べて、共振周波数( $f_r$ )のばらつき(CV-fr)および反共振周波数( $f_a$ )のばらつき(CV-fa)を減少させることができ

る。

### 【0053】

また、100重量部の圧電材料用仮焼粉末に対して、誘電材料用仮焼粉末を3重量部以下の比率で添加した試料22～25によれば、誘電材料用仮焼粉末を3重量部を超えて添加した試料26および27に比べて、電気機械結合係数（K<sub>p</sub>）を向上させることができる。

### 【0054】

#### 【実験例4】

実験例4では、誘電材料として、式： $Pb\{ (Mg_{1/3}Nb_{2/3})_{0.95}Ti_{0.05}\}O_3$ で表される組成を有する複合ペロブスカイト化合物とチタン酸鉛の固溶体からなるものを用いたことを除いて、実験例1の場合と同様の方法によって、各試料に係る圧電部品を作製し、同様に測定した。

### 【0055】

その結果が表4に示されている。

### 【0056】

【表4】

試料番号	誘電材料用仮焼粉末 (重量部)	K <sub>p</sub> (%)	CV-fr (ppm)	CV-fa (ppm)
31	0	42.1	1050	2030
32	0.05	44.1	560	950
33	0.2	44.9	310	480
34	1	45.1	220	400
35	3	44.1	290	490
36	5	39.5	580	990
37	5.5	36.5	690	1190

### 【0057】

表4からわかるように、この実験例4においても、表1に示した実験例1の場合と同様の傾向が現れている。

### 【0058】

すなわち、誘電材料用仮焼粉末を混合した試料32～37によれば、これを混

合していない試料 31 に比べて、共振周波数 ( $f_r$ ) のばらつき ( $CV-f_r$ ) および反共振周波数 ( $f_a$ ) のばらつき ( $CV-f_a$ ) を減少させることができる。

#### 【0059】

また、100 重量部の圧電材料用仮焼粉末に対して、誘電材料用仮焼粉末を 3 重量部以下の比率で添加した試料 32～35 によれば、誘電材料用仮焼粉末を添加しなかった試料 31 ならびに誘電材料用仮焼粉末を 3 重量部を超えて添加した試料 36 および 37 に比べて、電気機械結合係数 ( $K_p$ ) を向上させることができる。

#### 【0060】

##### 【実験例 5】

実験例 5 では、誘電材料として、式： $Pb_{0.95}Sr_{0.05}(Zr_{0.54}Ti_{0.46})O_3$  で表される組成を有する圧電材料に誘電率を高くするための酸化物としての  $Nb_2O_5$  を 0.5 重量%の比率で添加したものを除いて、実験例 1 の場合と同様の方法によって、各試料に係る圧電部品を作製し、同様に測定した。

#### 【0061】

その結果が表 5 に示されている。

#### 【0062】

【表 5】

試料番号	誘電材料用仮焼粉末 (重量部)	$K_p$ (%)	$CV-fr$ (ppm)	$CV-fa$ (ppm)
41	0	42.1	1050	2030
42	0.05	43.9	860	1350
43	0.2	44.2	680	1150
44	1	44.2	580	870
45	3	43.5	670	1050
46	5	42.9	900	1650
47	5.5	42.3	940	1880

#### 【0063】

表 5 からわかるように、この実験例 5 によっても、表 1 に示した実験例 1 の場合と同様の傾向が現れている。

#### 【0064】

すなわち、誘電材料用仮焼粉末を混合した試料 4 2 ~ 4 7 によれば、これを混合していない試料 4 1 に比べて、共振周波数 ( $f_r$ ) のばらつき ( $CV - f_r$ ) および反共振周波数 ( $f_a$ ) のばらつき ( $CV - f_a$ ) を減少させることができる。

#### 【0065】

また、100 重量部の圧電材料用仮焼粉末に対して、誘電材料用仮焼粉末を 3 重量部以下の比率で添加した試料 4 2 ~ 4 5 によれば、誘電材料用仮焼粉末を添加しなかった試料 4 1 ならびに誘電材料用仮焼粉末を 3 重量部を超えて添加した試料 4 6 および 4 7 に比べて、電気機械結合係数 ( $K_p$ ) を向上させることができる。

#### 【0066】

さらに、この実験例 5 では、誘電材料として、圧電材料を含むものが用いられているので、誘電材料用仮焼粉末を 3 重量部を超えて添加した試料 4 6 および 4 7 であっても、誘電材料用仮焼粉末を添加しなかった試料 4 1 に比べて、電気機械結合係数 ( $K_p$ ) を低下させないようにすることができる。

#### 【0067】

以上、この発明による効果を確認するために実施した実験例として、特定的な実験例 1 ~ 5 について説明した。これら実験例 1 ~ 5 では、圧電材料と誘電材料との組み合わせに関して、前者がチタン酸ジルコン酸鉛で後者が複合ペロブスカイト化合物である組み合わせ（実験例 1 および 3）、前者が複合ペロブスカイト化合物を固溶させたチタン酸ジルコン酸鉛で後者が複合ペロブスカイト化合物である組み合わせ（実験例 2）、前者がチタン酸ジルコン酸鉛で後者が複合ペロブスカイト化合物とチタン酸鉛との固溶体である組み合わせ（実験例 4）または前者がチタン酸ジルコン酸鉛で後者が圧電材料に誘電率を高くするための酸化物を添加したものである組み合わせ（実験例 5）を採用したが、他の組み合わせならびに他の圧電材料および誘電材料を採用しても、同様の効果が得られることが確

認されている。

#### 【0068】

##### 【発明の効果】

以上のように、この発明によれば、圧電材料からなる複数の圧電性粒子の隙間に、圧電材料より誘電率の高い誘電材料からなる誘電体が存在している、圧電セラミックが得られるので、分極処理において、圧電セラミック全体を均一に分極させることができ、かつ圧電性粒子にほとんどの電界が印加されるため、圧電特性のばらつきを低減させることができるとともに、圧電特性を向上させることができる。

#### 【0069】

その結果、この発明に係る圧電セラミックを用いて構成される圧電部品の製造に関して、その歩留まりが向上するとともに、生産性が向上する。

#### 【0070】

この発明に係る圧電セラミックを製造するにあたって、誘電材料用仮焼粉末の粒径を、圧電材料用仮焼粉末の粒径の  $1/4$  以下（0 を含まず。）とすれば、共振周波数や反共振周波数のような圧電特性のばらつきをより低減することができる。

#### 【0071】

また、この発明に係る圧電セラミックを製造するにあたって、100重量部の圧電材料用仮焼粉末に対して、3重量部以下（0重量部を含まず。）の誘電材料用仮焼粉末が混合されるようにすれば、電気機械結合係数のような圧電特性が低下することを防止でき、また、このような圧電特性をより向上させ得る場合もある。

##### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

この発明に係る圧電セラミックを用いて構成される圧電部品の一例を示す断面図である。

#### 【図2】

図1に示した部品本体2を構成する圧電セラミック11の構造を図解的に示す

断面図である。

【図 3】

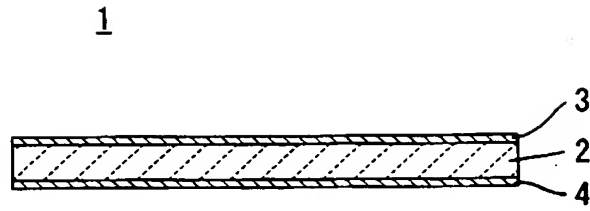
図 2 に示した圧電セラミック 11 を製造するための方法を説明するためのもので、(1) は、圧電材料用仮焼粉末 14 と誘電材料用仮焼粉末 15 とを混合して得られた混合粉末 16 を図解的に示す断面図であり、(2) は、(1) に示した混合粉末 16 が所定の形状に成形された成形体を焼成して得られた焼結体 17 を図解的に示す断面図である。

【符号の説明】

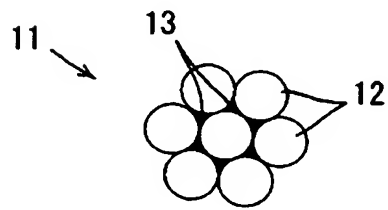
- 1 圧電部品
- 2 部品本体
- 3, 4 外部電極
- 11 圧電セラミック
- 12 圧電性粒子
- 13 誘電体
- 14 圧電材料用仮焼粉末
- 15 誘電材料用仮焼粉末
- 16 混合粉末
- 17 焼結体

【書類名】 図面

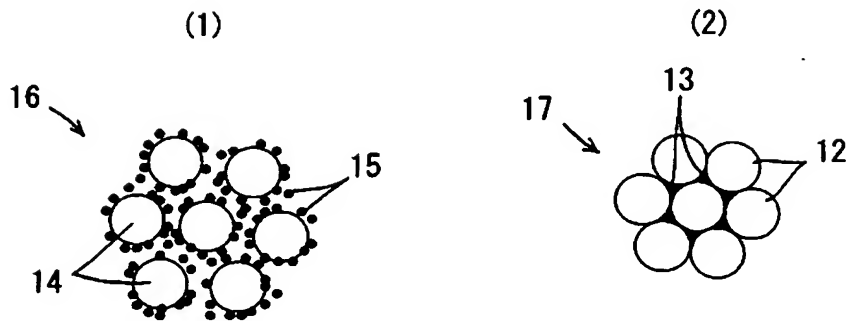
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 圧電セラミックにおいて、その圧電特性の向上および圧電特性のばらつきの低減を図るようにする。

【解決手段】 圧電セラミック 11 を、たとえばチタン酸ジルコン酸鉛のような圧電材料からなる複数の圧電性粒子 12 と、圧電性粒子 12 の隙間に存在する、たとえば複合ペロブスカイト化合物のような圧電材料より誘電率の高い誘電材料からなる誘電体 13 とを備える構造とする。これによって、圧電セラミック 11 を得るための分極処理において、分極が均一に生じかつ圧電性粒子 12 にほとんどの電界が印加されるため、圧電特性のばらつきを低減させ、また、圧電特性を向上させることができる。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 1 0 9 9 4 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 6 2 3 1 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 8 日
[変更理由]	新規登録
住 所	京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号
氏 名	株式会社村田製作所